

(19)



JAPANESE PATENT OFFICE

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11) Publication number: **2003045800 A**

(43) Date of publication of application: **14.02.03**

(51) Int. Cl.

**H01L 21/20**

**G01N 21/27**

**G02F 1/136**

**G02F 1/1368**

**G09F 9/00**

**G09F 9/30**

**G09F 9/35**

**H01L 21/336**

**H01L 29/786**

(21) Application number: **2001231762**

(22) Date of filing: **31.07.01**

(71) Applicant: **TOSHIBA CORP**

(72) Inventor: **TSUMURA AKIRA**

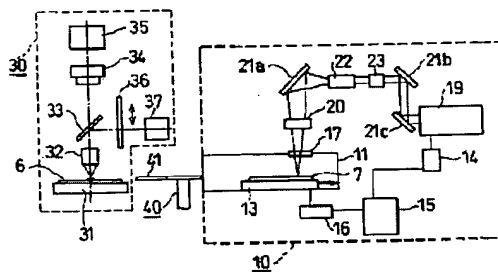
(54) **FILM QUALITY INSPECTION METHOD AND APPARATUS, AND MANUFACTURING METHOD OF LIQUID CRYSTAL DISPLAY**

(57) Abstract:

**PROBLEM TO BE SOLVED:** To provide a method and an apparatus for quick and accurate inspection of crystallinity in a polycrystalline film without contacts or breakdowns, and to provide a manufacturing apparatus of a liquid crystal display using them.

**SOLUTION:** Two kinds of specific wavelengths are irradiated onto the surface of a polycrystalline film 5 successively for detecting the light intensity or reflection factor of the reflected light, and the results are combined for determining the state of a crystal.

COPYRIGHT: (C)2003,JPO



(19) 日本国特許庁 (J P)

## (12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開2003-45800

(P2003-45800A)

(43) 公開日 平成15年2月14日 (2003.2.14)

(51) Int.Cl. <sup>7</sup>	識別記号	F I	テーマコード (参考)
H 0 1 L 21/20		H 0 1 L 21/20	2 G 0 5 9
G 0 1 N 21/27		G 0 1 N 21/27	Z 2 H 0 9 2
G 0 2 F 1/136		G 0 2 F 1/136	5 C 0 9 4
1/1368		1/1368	5 F 0 5 2
G 0 9 F 9/00	3 5 2	G 0 9 F 9/00	3 5 2 5 F 1 1 0
審査請求 未請求 請求項の数 7 O L (全 9 頁) 最終頁に続く			

(21) 出願番号 特願2001-231762(P2001-231762)

(22) 出願日 平成13年7月31日 (2001.7.31)

(71) 出願人 000003078

株式会社東芝

東京都港区芝浦一丁目1番1号

(72) 発明者 津村 明

神奈川県横浜市磯子区新磯子町33番地 株

式会社東芝生産技術センター内

(74) 代理人 100081732

弁理士 大胡 典夫 (外2名)

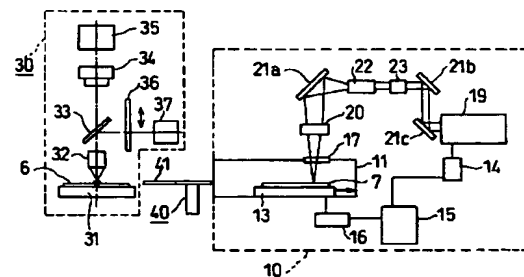
最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 膜質検査方法、膜質検査装置および液晶表示装置の製造方法

## (57) 【要約】

【課題】 多結晶性膜の結晶性を、非接触で非破壊で高速かつ高精度に検査することができる多結晶性膜の検査方法およびその装置ならびに、それらを用いた液晶表示装置の製造装置を提供すること。

【解決手段】 多結晶性膜5の表面に、2種類の特定波長を順次照射してその反射光の光強度又は反射率を検出し、それらの結果を組合わせて結晶の状態を判断する。



## 【特許請求の範囲】

【請求項1】 レーザ光によりアニールされたシリコン膜に光を照射して、その反射光を検知して得られた信号に基づいて前記シリコン膜の膜質を検査する膜質検査方法において、

前記シリコン膜に所定範囲の波長の光を照射する工程と、

照射された前記光の反射光を検知して、第1の検知信号を得る工程と、

前記シリコン膜に前記所定範囲とは異なる範囲の波長の光を照射する工程と、

照射された前記光の反射光を検知して、第2の検知信号を得る工程と、

前記シリコン膜のほぼ同一領域に対応する前記第1及び第2の検知信号に基づいて、前記シリコン膜の膜質を検査することを特徴とする膜質検査方法。

【請求項2】 レーザ光によりアニールされたシリコン膜の膜質を検査する膜質検査方法において、

前記シリコン膜に480nm乃至520nmの少なくとも一波長を含む光を照射する第1の照射工程と、

照射された前記光の反射光のうち480nm乃至520nmの範囲内の波長の反射光を検知して第1の検出信号を得る工程と、

前記シリコン膜に530nm乃至570nmの少なくとも一波長を含む光を照射する第2の照射工程と、

照射された前記光の反射光のうち530nm乃至570nmの範囲内の波長の反射光を検知して第2の検出信号を得る工程と、

前記シリコン膜のほぼ同一領域に対応する前記第1及び第2の検出信号に基づいて前記シリコン膜の膜質を検査する膜質検査方法。

【請求項3】 レーザ光によりアニールされたシリコン膜の膜質を検査する膜質検査方法において、

所定範囲の波長の光を走査させながら、前記シリコン膜の所定領域に照射する第1の照射工程と、

第1の照射工程において照射された前記光の反射光を受光して、前記所定領域内の複数位置について前記反射光を検知して得られた第1の検知信号を取得する工程と、

前記所定範囲とは異なる範囲の波長の光を走査させながら、前記シリコン膜の前記所定領域に照射する第2の照射工程と、

第2の照射工程において照射された前記光の反射光を集光して、前記所定領域内の複数位置について前記反射光を検知して得られた第2の検知信号を取得する工程と、前記複数位置のうち、同じ位置に対応して得られた第1及び第2の検知信号に基づいて前記シリコン膜の膜質を検査する工程とを備えることを特徴とする膜質検査方法。

【請求項4】 レーザ光によりアニールされたシリコン膜に光を照射して、その反射光を検知して得られた信号

に基づいて前記シリコン膜の膜質を検査する膜質検査方法において、

前記シリコン膜に光を照射する工程と、

照射された前記光の反射光のうち、第1の範囲の波長の反射光を検知して、第1の検知信号を得る工程と、

照射された前記光の反射光のうち、前記第1の範囲とは異なる第2の範囲の波長の反射光を検知して、第2の検知信号を得る工程と、

前記シリコン膜の同一領域に対応する前記第1及び第2の検知信号に基づいて、前記シリコン膜の膜質を検査することを特徴とする膜質検査方法。

【請求項5】 レーザ光によりアニールされたシリコン膜に光を照射して、その反射光を検知して得られた信号に基づいて前記シリコン膜の膜質を検査する膜質検査方法において、

前記シリコン膜に単一波長の光を照射する工程と、

照射された前記光の反射光を検知して検知信号を得る工程と、

前記検知信号に基づいて前記シリコン膜の膜質を検査する工程とを備えていることを特徴とする膜質検査方法。

【請求項6】 レーザ光によりアニールされたシリコン膜に光を照射して、その反射光を検知して得られた信号に基づいて前記シリコン膜の膜質を検査する膜質検査装置において、

前記シリコン膜が形成された基板が載置されるステージと、

このステージに載置される基板に形成されたシリコン膜に照射するための光を出射する光源と、

この光源から照射された光のうち、異なる範囲の波長の光を選択的に前記シリコン膜に照射するための照射手段と、

照射された前記光の反射光を受光して電気信号に変換する光センサと、

この光センサから出力される電気信号に基づいて前記シリコン膜の膜質を判別する膜質判別手段とを備えていることを特徴とする膜質検査装置。

【請求項7】 基板上にアモルファスのシリコン膜を成膜する成膜工程と、前記シリコン膜にレーザ光を照射してアニールを行なうレーザアニール工程と、アニールされた前記シリコン膜の膜質を検査する検査工程と、アニールされた前記シリコン膜を備える駆動部トランジスタ及び画素部トランジスタを前記基板上に形成する工程とを備える液晶表示装置の製造方法において、

前記検査工程は、

前記シリコン膜に第1の特定範囲の波長の光を照射する工程と、

照射された前記光の反射光を検知して、第1の検知信号を得る工程と、

前記シリコン膜に前記第1の特定範囲とは異なる第2の特定範囲の波長の光を照射する工程と、

照射された前記光の反射光を検知して、第2の検知信号を得る工程と、

前記シリコン膜のほぼ同一領域に対応する前記第1及び第2の検知信号に基づいて、前記シリコン膜の膜質を検査する工程とを備えていることを特徴とする液晶表示装置の製造方法。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明はポリシリコン膜等の多結晶性膜の検査する技術とそれを用いた液晶表示装置の製造装置に関する。

【0002】

【従来の技術】液晶表示装置の製造では、液晶表示装置を構成している基板上に形成された非晶質（アモルファス）シリコン膜（以下、 $a-Si$ と記載）に、レーザ光を照射して非晶質シリコン膜を多結晶性（ポリ）シリコン（ $poly-Si$ ）膜（以下、 $p-Si$ と記載）に変えることによって、電子移動度の高い半導体膜を形成していることが多い。この場合、 $a-Si$ にエキシマレーザを照射するエキシマレーザアニール（ELA: Excimer Laser Anneal）が通常用いられる。

【0003】このエキシマレーザアニールによるプロセスによると、 $a-Si$ 膜が瞬時に熔融し結晶化するため、基板への熱損傷が少なく、約450℃以下の低温プロセスにて $poly-Si$ 膜の形成をすることができる。そのため大面積で安価なガラス基板を用いて $p-Si$ 膜が形成することができるという利点がある。

【0004】ここで、電子移動度の大きさは、 $\mu = |v_d / E|$ （ $cm^2 / sV$ ）で表されるものであり、結晶に対して電界 $E$ （ $V / cm$ ）を与えた際の、結晶中における電子の平均移動速度（ドリフト速度： $v_d$ （ $cm / s$ ））の単位電界大きさ当たりでの値である。

【0005】このような $p-Si$ 膜を用いると、低温プロセスにてガラス基板上に高い電子移動度を持った薄膜トランジスタを作成することができる。この $p-Si$ によるTFTによれば、上記の課題は解決されガラス基板上に駆動部TFTと画素部TFTとを形成した薄型で高精細の液晶表示装置を得ることができる。

【0006】ところで、レーザ光によるアニールで $a-Si$ 膜を $p-Si$ 膜に変化させる場合、適正な結晶状態に形成されているか否かをモニタする必要がある。

【0007】この結晶状態のモニタ方法として、アニール時に表面に生成した膜をエッチングにより除去した後、電子顕微鏡（SEM）で半導体膜の表面を拡大して観察し、結晶の大きさを検査する方法がある。

【0008】また、特開2001-110854号公報には、レーザアニール等の結晶化処理の際の、レーザ光照射度に応じて半導体膜の表面に形成される凹凸によって、結晶化の際の異常が判定できるとして、半導体膜から

の散乱光により良否を判断する技術が開示されている。

【0009】

【発明が解決しようとする課題】しかしながら、上述のようにSEMで半導体膜の表面を拡大して観察する方法では、SEMで観察するために半導体基板を小さく割って、さらに表面をエッチングすることが必要な破壊検査である。また、SEM用のサンプルに加工する処理を要するためにプロセス直後には測定できず、検査結果の結晶状態を処理プロセスに即時的にフィードバックすることはできない。また、半導体基板全面にわたる検査も難しく、半導体基板の一部のみに不良結晶が存在している場合は、不良を検出することができない。これらのことから、実際の生産ラインに適用して自動化することは困難である。

【0010】また、特開2001-110854号公報に開示されている半導体膜の表面に形成される凹凸からの散乱光によって異常を判定する方法は、凹凸が形成されたアニールプロセスのみに適用可能であり、汎用性にかける。

【0011】本発明はこれらの事情に基づいてなされたもので、多結晶性膜の結晶性を、非接触で非破壊で高速かつ高精度に検査することができる多結晶性膜の検査方法およびその装置ならびに、それらを用いた液晶表示装置の製造装置を提供することを目的としている。

【0012】

【課題を解決するための手段】本発明による手段によれば、レーザ光によりアニールされたシリコン膜に光を照射して、その反射光を検知して得られた信号に基づいて前記シリコン膜の膜質を検査する膜質検査方法において、前記シリコン膜に所定範囲の波長の光を照射する工程と、照射された前記光の反射光を検知して、第1の検知信号を得る工程と、前記シリコン膜に前記所定範囲とは異なる範囲の波長の光を照射する工程と、照射された前記光の反射光を検知して、第2の検知信号を得る工程と、前記シリコン膜のほぼ同一領域に対応する前記第1及び第2の検知信号に基づいて、前記シリコン膜の膜質を検査することを特徴とする膜質検査方法である。

【0013】また本発明による手段によれば、レーザ光によりアニールされたシリコン膜の膜質を検査する膜質検査方法において、前記シリコン膜に480nm乃至520nmの少なくとも一波長を含む光を照射する第1の照射工程と、照射された前記光の反射光のうち480nm乃至520nmの範囲内の波長の反射光を検知して第1の検出信号を得る工程と、前記シリコン膜に530nm乃至570nmの少なくとも一波長を含む光を照射する第2の照射工程と、照射された前記光の反射光のうち530nm乃至570nmの範囲内の波長の反射光を検知して第2の検出信号を得る工程と、前記シリコン膜のほぼ同一領域に対応する前記第1及び第2の検出信号に基づいて前記シリコン膜の膜質を検査する膜質検査方法

である。

【0014】また本発明による手段によれば、レーザ光によりアニールされたシリコン膜の膜質を検査する膜質検査方法において、所定範囲の波長の光を走査させながら、前記シリコン膜の所定領域に照射する第1の照射工程と、第1の照射工程において照射された前記光の反射光を受光して、前記所定領域内の複数位置について前記反射光を検知して得られた第1の検知信号を取得する工程と、前記所定範囲とは異なる範囲の波長の光を走査させながら、前記シリコン膜の前記所定領域に照射する第2の照射工程と、第2の照射工程において照射された前記光の反射光を集光して、前記所定領域内の複数位置について前記反射光を検知して得られた第2の検知信号を取得する工程と、前記複数位置のうち、同じ位置に対応して得られた第1及び第2の検知信号に基づいて前記シリコン膜の膜質を検査する工程とを備えることを特徴とする膜質検査方法である。

【0015】また本発明による手段によれば、レーザ光によりアニールされたシリコン膜に光を照射して、その反射光を検知して得られた信号に基づいて前記シリコン膜の膜質を検査する膜質検査方法において、前記シリコン膜に光を照射する工程と、照射された前記光の反射光のうち、第1の範囲の波長の反射光を検知して、第1の検知信号を得る工程と、照射された前記光の反射光のうち、前記第1の範囲とは異なる第2の範囲の波長の反射光を検知して、第2の検知信号を得る工程と、前記シリコン膜の同一領域に対応する前記第1及び第2の検知信号に基づいて、前記シリコン膜の膜質を検査することを特徴とする膜質検査方法である。

【0016】また本発明の手段によれば、レーザ光によりアニールされたシリコン膜に光を照射して、その反射光を検知して得られた信号に基づいて前記シリコン膜の膜質を検査する膜質検査方法において、前記シリコン膜に単一波長の光を照射する工程と、照射された前記光の反射光を検知して検知信号を得る工程と、前記検知信号に基づいて前記シリコン膜の膜質を検査する工程とを備えていることを特徴とする膜質検査方法である。

【0017】また本発明による手段によれば、レーザ光によりアニールされたシリコン膜に光を照射して、その反射光を検知して得られた信号に基づいて前記シリコン膜の膜質を検査する膜質検査装置において、前記シリコン膜が形成された基板が載置されるステージと、このステージに載置される基板に形成されたシリコン膜に照射するための光を出射する光源と、この光源から照射された光のうち、異なる範囲の波長の光を選択的に前記シリコン膜に照射するための照射手段と、照射された前記光の反射光を受光して電気信号に変換する光センサと、この光センサから出力される電気信号に基づいて前記シリコン膜の膜質を判別する膜質判別手段とを備えていることを特徴とする膜質検査装置である。

【0018】また本発明による手段によれば、基板上にアモルファスのシリコン膜を成膜する成膜工程と、前記シリコン膜にレーザ光を照射してアニールを行なうレーザアニール工程と、アニールされた前記シリコン膜の膜質を検査する検査工程と、アニールされた前記シリコン膜を備える駆動部トランジスタ及び画素部トランジスタを前記基板上に形成する工程とを備える液晶表示装置の製造方法において、前記検査工程は、前記シリコン膜に第1の特定範囲の波長の光を照射する工程と、照射された前記光の反射光を検知して、第1の検知信号を得る工程と、前記シリコン膜に前記第1の特定範囲とは異なる第2の特定範囲の波長の光を照射する工程と、照射された前記光の反射光を検知して、第2の検知信号を得る工程と、前記シリコン膜のほぼ同一領域に対応する前記第1及び第2の検知信号に基づいて、前記シリコン膜の膜質を検査する工程とを備えていることを特徴とする液晶表示装置の製造方法である。

【0019】なお、本発明において「単一波長の光」とは、多くとも5nmの範囲内にエネルギーの95%以上が含まれる光をいう。

【0020】

【発明の実施の形態】以下、本発明の実施の形態を図面を参照して説明する。

【0021】低温p-Siでは、エキシマレーザアニールを活用することで、低温プロセスでp-Siを製造することができる。それにより、a-Siと同等の大型ガラス基板でp-SiのTFT-LCDの製品化ができる。

【0022】p-Siを使うと、TFTが小型化でき、駆動用ICが内蔵できるため、a-SiのTFT-LCDで問題となる、開口率の低下、高精細化の制約などの課題を解決でき、モバイル用LCDに適した、高輝度、低消費電力化、高精細化、耐久性の向上、軽量で薄型化等の特徴が得られる。

【0023】図1(a)～(c)に模式図を示すように、ガラス基板上にp-Si膜を形成したTFTを製造するには、ガラス基板を変形させることなく、ガラス基板上にp-Si膜を形成する必要がある。このような制約下でp-Si膜を形成するには、まず、図1(a)に示すように、清浄な無アルカリガラス等の基板1の表面にシリコン酸化膜等からなる下地保護膜2をプラズマCVD法により形成する。ついで、この下地保護膜2の表面にa-Si膜3をプラズマCVD法により形成する。

【0024】次に、図1(b)に示すように、a-Si膜3に対してレーザ光4を集光してエネルギー密度を大きくしたレーザ光を照射しレーザアニール処理を施し、a-Si膜3をアニール状態にして多結晶化しp-Si膜5を形成する。

【0025】次に、図1(c)に示すように、レーザスポットを走査することで、基板1の全面に形成されてい

る a-Si 膜 3 を多結晶化する。

【0026】なお、p-Si 膜 5 に対してレーザアニール処理を施す際は、それに用いるレーザパワーが高いほど大きな結晶が形成して電気移動度が良くなり、電気的なデバイス特性が向上する。しかしながら、レーザパワーが高すぎて、ある値を超えると、途端に結晶の粒径が小さくなる。結晶が小さくなると、逆に電気移動度が低くなり、デバイスとしての性能不良を引き起こすことが知られている。

【0027】また、結晶の粒径は、単に大きくすれば良いわけではなく、基板 1 の表面に形成する電気回路に適合した電気移動度、つまり適正な粒径で多結晶化する必要がある。そのためには基板 1 の表面に形成された粒径を検査して管理する必要がある。

【0028】これらの結晶の状態の検査や管理についての基本的な考え方を、本発明者は、p-Si 膜 5 がレーザアニール処理によって多結晶化した状態について、結晶に対して特定の異なる波長をそれぞれ照射し、照射波長毎に応じた反射光強度を検出して、その結果を組み合わせることにより結晶の状態を高精度に判定することができることを見出した。

【0029】図 2 及び図 3 は、p-Si 膜 5 に対してレーザアニール処理を施して、粒径の成長度合いに応じたサンプルを作成し、そのサンプルに特定波長の光を照射して反射光強度（平均強度）を測定したデータの分布図である。図 2 及び図 3 で、縦軸は反射光強度であり、横軸は結晶の進み具合（粒径の変化）の度合いに応じたサンプル番号であり、それにより領域（①～④）を 4 つに分類している。この場合、結晶の成長にしたがって、領域④は粒径が 0.5  $\mu\text{m}$  以下、領域③は粒径が 0.5 ～ 1.0  $\mu\text{m}$ 、領域②は粒径が 1.0  $\mu\text{m}$  以上、および、領域①は粒径が 0.1  $\mu\text{m}$  以下としている。また、図 2 では照射光として、グリーンフィルタを用いた波長が 540 nm ～ 560 nm の光であり、図 3 では照射光として、ブルーフィルタを用いた波長が 490 nm ～ 510 nm の光である。

【0030】各領域ごとの分布を見ると、図 2 では、領域①と領域②とは反射光強度の分布がほぼ同じ範囲内であるので識別はできない。ただし、領域③と領域④はいずれも異なった範囲内に分布しているので識別することができる。したがって、さらに領域①と領域②とを識別することができれば、4 つの領域を識別することができることになる。

【0031】次に、各領域ごとの分布を図 3 でみると、領域①と領域③との分離は困難であるが、領域①と領域②とは大きく異なる範囲にそれぞれが分布しているので、領域①と領域②とは容易に識別することができる。したがって、図 2 と図 3 による結果を組合せれば、4 つの領域について正確に分別した識別を行うことができる。

【0032】次に、上述の原理を用いた本発明の薄膜処理装置である液晶表示装置の製造装置について説明する。

【0033】図 4 は、本発明のレーザアニール装置と多結晶性膜検査装置を備えた液晶表示装置の製造装置の模式構成図である。

【0034】液晶表示装置の製造装置は、レーザアニール装置 10 と多結晶性膜検査装置 30 が搬送ロボット 40 を挟んで横方向に配置されている。搬送ロボット 40 はアーム 41 がレーザアニール装置 10 と多結晶性膜検査装置 30 の内部に侵入して、レーザアニール装置 10 内の被加工体である p-Si 基板 6 を多結晶性膜検査装置 30 内に搬送できる構造である。

【0035】レーザアニール装置 10 は、密閉された反応容器 11 の内部に、被加工体である a-Si 基板 7 を載置して移動させる XY 走査テーブル 13 が設けられている。この XY 走査テーブル 13 はホストコンピュータ 14 により制御されるシステム制御系 15 を介してテーブル駆動系 16 により駆動制御されている。

【0036】また、反応容器 11 の天板部には、透光性の窓であるエキシマレーザ入射用窓 17 が設けられている。このエキシマレーザ入射用窓 17 の上方には、エキシマレーザ発振器 19 側に向かって光軸上に、順次、結像レンズ 20、ミラー 21a、ビームホモジナイザ 22、バリアブルアッテネータ（減衰器）23、ミラー 21b、21c およびエキシマレーザ発振器 19 が配置されている。なお、エキシマレーザ発振器 19 は、レーザ媒質として波長 308 nm の光を発振する XeCl を使用しているが、ArF、KrF などの他のレーザ媒質を用いることもできる。また、エキシマレーザ発振器 19 は、ホストコンピュータ 14 により制御されている。

【0037】これらの構成により、XY 走査テーブル 13 に被加工体である a-Si 膜 3 を成膜したガラス基板（a-Si 基板 7）を載置した状態で、エキシマレーザ発振器 19 の発振によるエキシマレーザ光はミラー 21c、21b を経由してラインビームホモジナイザ 22 で、ビーム形状をライン状（例えば、ビーム断面の形状を 200 mm × 0.5 mm の帯状）に整形し、エネルギー強度をトップフラットにする。このラインビームはミラー 21a を介して結像レンズ 20 により被加工体である a-Si 膜 3 を成膜したガラス基板 7 に照射し、XY 走査テーブル 13 を走査することでガラス基板 7 の表面 a-Si 膜 3 の全面を多結晶化する。このとき、多結晶化に適したフルエンスにバリアブルアッテネータ 23 を用いてエキシマレーザ発振器 19 のレーザ出力を制御している。

【0038】なお、反応容器 11 内は乾燥空気が、窒素または真空雰囲気気の雰囲気制御が可能であるように構成されている。

【0039】これらのレーザアニール装置 10 により処

理されて、所定の粒径に形成された被加工体（p-Si 基板 6）は、搬送ロボット 40 により多結晶性膜検査装置 30 に移送される。この移送は、搬送ロボット 40 のアーム 41 が反応容器 11 の側壁に設けられた開閉自在の出入口（不図示）より、反応容器 11 の内部に進入し、反応容器 11 の内の XY 走査テーブル 13 に載置されている p-Si 基板 6 を載置把持して、多結晶性膜検査装置 30 の内部に設けられたステージ 31 に移送する。

【0040】図 5 に模式構成図を示すように、多結晶性膜検査装置 30 は、被測定体である p-Si 膜 5 が形成されたガラス基板 1 を載置する XY テーブル 31 の上方に検出光学系が配置されている。この検出光学系は XY テーブル 31 側から順次光軸に沿って、拡大光学系 32、ハーフミラー 33、さらに、ハーフミラー 33 の透過側の光軸方向に 2 次元光センサ 34 が配設され、2 次元光センサ 34 で光電変換された電気信号が画像処理・結晶性判定部 35 に出力される構成となっている。また、ハーフミラー 33 の反射側の光軸上には、切替自在な波長選択機構 36 と多色光源 37 が設けられている。

【0041】これらにより、ハロゲンランプ等の多色光源 37 から放出された光のうち第 1 の特定な波長の光のみが波長選択機構 36 で選択され、ハーフミラー 33 を介して拡大光学系 32 を通して p-Si 膜 5 の表面を照明する。p-Si 膜 5 の表面からの反射光は、拡大光学系 32 で任意の倍率に拡大して 2 次元光センサ 34 の表面に像として投影する。2 次元光センサ 34 は投影された膜の像を電気信号に変換し、画像処理・結晶性判定部 35 に出力する。なお、p-Si 膜 5 は XY テーブル 31 の動作に伴い順次全面が第 1 の特定な波長の光により照射され、その反射光が順次、2 次元光センサ 34 の表面に投影され、その結果が電気信号として画像処理・結晶性判定部 35 に入力される。

【0042】次に、波長選択機構 36 が切り替え動作を行い第 2 の特定な波長の光のみを選択する。以下、第 1 の特定な波長の光の場合と同様の動作を繰り返して、p-Si 膜 5 の表面からの反射光を 2 次元光センサ 34 の表面に投影され、その結果を電気信号として画像処理・結晶性判定部 35 に入力する。

【0043】画像処理・結晶性判定部では、第 1 及び第 2 の特定な波長の光からの反射光からの電気信号に変換された画像データを処理し、それらの結果を組合わせて演算して画像の光強度から結晶の状態を決定する。

【0044】なお、結晶の状態の検査は、結晶が微小なため拡大して検査する必要がある。そのため、図 6 に画像を示したように、拡大光学系で p-Si 膜 5 の表面を拡大して検査する。なお、図 6 は緑色を照射したときの画像の一例である。明るい部分は図 2 の領域②を示し、暗い部分は図 2 の領域④を示している。画像処理・結晶性判定部で図 6 のような画像を取込んで、画像の各エリ

アの強度から結晶の状態を各エリアごとに判別している。

【0045】次に多結晶性膜検査装置 30 による測定結果について説明する。

【0046】前述のように、p-Si 膜 5 に特定の波長の光を照射したときの反射光強度は、p-Si 膜 5 の粒径の大きさにより変化する。特に、緑色および青色を照射した場合に、各粒径による特徴の変化を顕著に示すことを実験的に確認した。

【0047】図 2 は、前述のように、緑色（波長が 540 nm～560 nm）の光を照射した場合の、粒径と反射光強度の関係を示したグラフである。また、図 3 は、青色（波長が 490 nm～510 nm）の場合の、同様の関係を示したグラフである。図 2 および図 3 の横軸はサンプル番号であり、このサンプル番号は粒径で分別している。なお、図 2 におけるサンプル番号が 1～4、および、図 3 におけるサンプル番号が 1～3 は、粒径が非常に小さい領域で、これは先述したように、レーザのエネルギー密度が高すぎて急に粒径が小さくなってしまった領域である。

【0048】図 2 に示したように緑色を照射した場合は、1 μm 以上の大きな粒径による領域②と、急に粒径が小さくなってしまった領域①が一番強く反射して反射光強度が高い、粒径が 1 μm 以下の領域③から、粒径が 0.5 μm 以下の領域④へと粒径が小さくなるにつれて反射が弱まり、反射光強度が低くなる。このことを利用することで、領域①および領域②の粒径と、領域③および領域④の判別できる。

【0049】また、図 3 に示したように青色を照射した場合は、領域②の反射光強度が一番高く、次に領域④が高い、領域①と領域③はほぼ同じレベルで各領域の中では一番低い。したがって、領域②と領域④と、領域①及び領域③の判別が可能である。

【0050】これらの緑色と青色の特定波長の光を照射の際の、反射光強度と粒径の関係を組合わせて用いることによって、各領域①、②、③、④の分離可能である。これにより、p-Si 膜 5 の粒径状態を検査することができる。

【0051】これらの検査結果を用いてレーザアニール装置 20 のレーザ発振器 19 の出力を調整することにより、良好で均質なレーザアニール処理を施すことができる。

【0052】なお、上述の実施の形態では特定波長として、波長 540 nm～560 nm（第 1 の特定波長、および波長が 490 nm～510 nm（第 2 の特定波長）を用いたが、この組合わせに限らず、相互にデータの分別を補完する関係のものであれば、特定波長の組合わせとして任意の組合わせの波長を用いることができる。例えば、第 1 の特定波長を 480 nm～570 nm、第 2 の特定波長を 530 nm～570 nm と拡大してもよい。

【0053】また、上述の多結晶性膜検査装置30では、p-Si膜5からの反射光の光強度を検出したが、各領域からの反射率を検出して、そのデータを処理するようにしてもよい。

【0054】また、液晶表示装置の製造装置での、多結晶性膜検査装置30でのp-Si膜5の粒径状態の検査は、必ずしも全数検査する必要は無く、生産状況の歩留まりに応じて、任意の間隔で抜き取り検査を行えばよい。

【0055】これらにより、レーザアニール処理の結晶の状態の安定化を図り、製造での歩留まりを向上させることができる。

【0056】なお、請求項1乃至請求項4に記載の発明は、いずれも2つの範囲の波長のみを用いる膜質検査方法に限定されるものではなく、少なくとも2つの範囲の波長を用いるものである。したがって、3つの範囲の波長や、4つの範囲の波長を用いて膜質検査を行なっても良い。

【0057】また、シリコン膜の結晶状態に基づいて特定波長の反射率が異なることが明らかになったため、単一波長の光を照射して、その反射光に基づいて結晶状態を判別することができる。例えば、本発明の実施の形態において、グリーン光を照射した場合には、粒径1 $\mu$ m以上の結晶状態と、粒径1 $\mu$ m以内を区別することができるから、グリーン光の単一波長を用いてこの区別をすることはできる。明らかに粒径0.1 $\mu$ m(図2における①)に達しないような条件でレーザ光を照射しているような場合は、単一波長のみを用いて膜質検査を行なう方法も有用である。

【0058】また、第1の特定波長を照射しながら基板を移動させて基板の全面について反射光強度のデータを取得した後、第2の特定波長を照射しながら基板を移動させて基板の全面について反射光強度のデータを取得し、両データに基づいて基板の全面について膜質検査を行なう方式でも良い。この方式によれば、基板上の全面について、まず第1の特定波長のレーザ光が走査され、所定領域内の複数位置について反射光強度のデータを

られ、ついで第2の特定波長のレーザ光について同様に所定領域内の複数位置について反射光強度のデータを得たのち、同一位置に対応して得られた各反射光強度データに基づいてその位置のシリコン膜の膜質を検査することとなるが、波長選択機構による切り替え回数等の低減を図ることが可能となり、検査時間を短縮することが可能となる。

【0059】また、本実施の形態においては、波長選択機構を用いて照射する光を2種類の波長域に分離したが、波長を選択的に受光するように変形することも可能である。例えば、光センサ34の手前に波長選択機構を配設しても良い、また、ダイクロイックプリズムを用いて反射光を緑色と青色に空間的に分離して、2台の光センサを用いてそれぞれ撮像する方法でも良い。この方法の場合、一回の照射により同時に2種類の波長域での検出が可能となるので、検査時間の短縮化を図ることが出来る。

【0060】

【発明の効果】本発明によれば、非破壊で高速かつ高精度で、基板の表面に形成された多層膜の結晶の検査を行うことができる。

【0061】それにより、液晶表示装置を効率よく生産することができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】(a)～(c) ガラス基板上にp-Si膜を形成する工程の模式図。

【図2】反射光の分布データ。

【図3】反射光の分布データ。

【図4】本発明の液晶表示装置の製造装置の模式構成図。

【図5】本発明の多結晶性膜検査装置の模式構成図。

【図6】p-Si膜からの反射光の拡大画面。

【符号の説明】

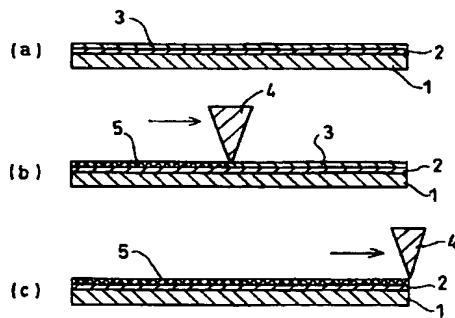
1…基板、3…a-Si膜、5…p-Si膜、6…p-Si基板、7…a-Si基板、10…レーザアニール装置、30…多結晶性膜検査装置

【図6】

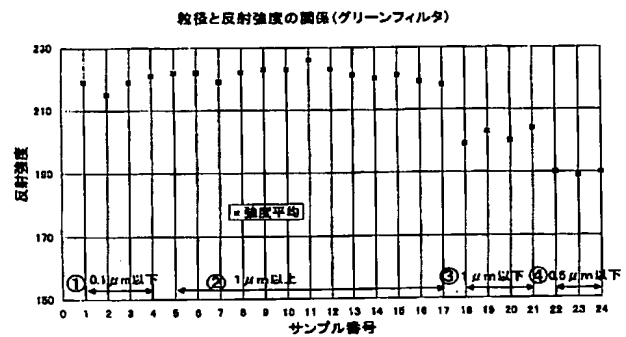




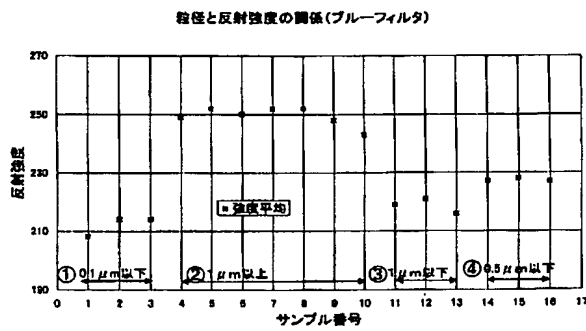
【図1】



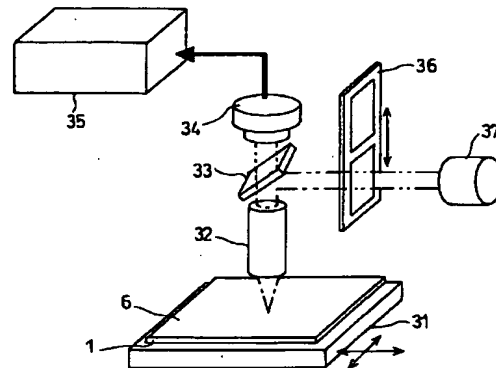
【図2】



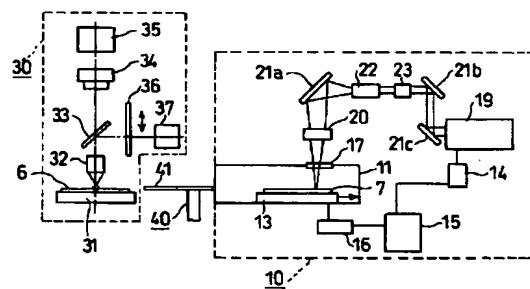
【図3】



【図5】



【図4】



フロントページの続き

(51)Int.Cl.7

G 0 9 F 9/30

9/35

H 0 1 L 21/336

識別記号

3 1 0

F I

G 0 9 F 9/30

9/35

H 0 1 L 29/78

ターマコード(参考)

3 1 0

5 G 4 3 5

6 2 4

29/786

627G

Fターム(参考) 2G059 BB16 DD13 EE02 EE11 GG01  
HH02 HH03 HH06 JJ11 JJ13  
JJ25 JJ30 KK04 MM09  
2H092 JA05 JA24 JA28 KA01 KA04  
MA07 MA08 MA35 NA30  
5C094 AA43 BA43 DA13 EB02  
5F052 AA02 BB07 DA02 DB03 JA01  
5F110 AA24 BB01 CC01 DD02 DD13  
GG02 GG13 GG16 GG45 PP03  
PP05 PP06  
5G435 AA17 BB12 EE33 KK05 KK10